

MAT-843945  
10/624.381

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-217873

[ST.10/C]:

[JP2002-217873]

出 願 人

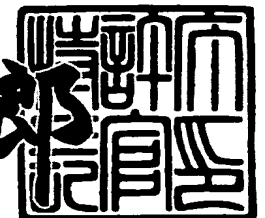
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 4月15日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3026876



【書類名】 特許願

【整理番号】 2931040020

【提出日】 平成14年 7月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01H 59/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 中西 淑人

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 清水 紀智

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 中村 邦彦

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 内藤 康幸

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄



【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938



【書類名】 明細書

【発明の名称】 スイッチ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに一定の間隔で配置された第 1、第 2、第 3 の梁と、梁に駆動力を印加させるために独立に直流電位を与える電圧印加手段と、前記第 1、第 2、第 3 の各梁に交流信号を入出力するために各梁の入力側または出力側またはその両側に設けた複数の電極とを備え、

スイッチをオンする場合は、前記電圧印加手段によって電極に入力された交流信号より前記第 1 の梁、第 2 の梁の間に駆動力を発生させ、第 1 の梁と第 2 の梁を接触させることで梁を電氣的に結合することが可能であり、スイッチをオフする場合は、前記第 2 の梁に対面して配置してある前記第 3 の梁に駆動力を発生させ、第 3 の梁を第 2 の梁に予め近づけておくことで、第 2 と第 3 の梁間に強い駆動力を印加することを特徴とするスイッチ。

【請求項 2】 前記第 1、第 2、第 3 の梁の間隔が所定のアイソレーションを満たす間隔で配置されていることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 3】 前記電圧印加手段は、前記第 1、第 2、第 3 の梁に印加する直流電位を一定の応答時間を得るための電位として印加していることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 4】 前記第 1 の梁と第 2 の梁が十分に電氣的に結合してから、前記第 3 の梁を可動させることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 5】 前記梁の形状を変化させることで、梁のバネ定数を変化させることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 6】 前記第 2 の梁の形状を前記第 1、第 3 の梁と比較して小さくし、前記第 3 の梁に駆動力を印加しなくても、第 1 と第 2 の梁が十分に結合した状態において、第 3 の梁に第 1 の梁からの駆動力が印加され、第 3 の梁が第 1、第 2 の梁側に可動することを特徴とした請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 7】 前記第 1 と第 2 の梁が電氣的に結合した際に、第 1 の梁の電位と第 2 の梁の電位を入れ替えることで、前記第 3 の梁に駆動力を発生させることなく第 3 の梁を可動させることができることを特徴とする請求項 1 記載のスイッ



チ。

【請求項 8】 前記第 2 の梁と第 3 の梁間の高いアイソレーションが必要な場合は、第 3 の梁に駆動力を発生させず、第 3 の梁を可動させないことを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 9】 第 1 の梁をアンテナ端に接続し、第 2 の梁を入力端子に接続し、第 3 の梁を所定の抵抗値で終端することにより、入力端子からみて反射波が生じないことを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 10】 請求項 1 記載のスイッチを並列に複数個配置することで、所望のインピーダンスを得ることを特徴とするスイッチ。

【請求項 11】 請求項 1 記載のスイッチを並列に複数個配置することで、所望の容量を得ることを特徴とするスイッチ。

【請求項 12】 前記梁が金属で形成されていることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 13】 前記梁が水平方向に可動することを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 14】 前記梁が垂直方向に可動することを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 15】 前記電極と入力端子、出力端子の間に容量を配置することを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 16】 真空状態で動作することを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 17】 請求項 1 記載のスイッチをアンテナ端を対象に複数個配置することで、多入力 1 出力スイッチとすることを特徴とするスイッチ。

【請求項 18】 半導体プロセスで形成されることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 19】 前記駆動力が静電力であることを特徴とする請求項 1、6 乃至 8 のいずれかに記載のフィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】



## 【発明の属する技術分野】

本発明は電気回路に用いられ、外部から印加した力により電極を機械的に移動させることで信号の通過もしくは遮蔽を行うスイッチに関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来の技術思想は、特開 2 0 0 1 - 8 4 8 8 4 号公報に記載されたものが知られている。

## 【0003】

図 8 を用いて、説明する。1 2 4 は可動するエアブリッジ、1 2 8、1 2 6 はそれぞれ基板上に形成された電極で、電極と可動電極間に生じさせた静電力によって 1 2 4 が電極 1 2 8、もしくは 1 2 6 側に水平移動する。エアブリッジに信号を入力させれば、エアブリッジと電極間が電氣的に接続され、信号が遮蔽もしくは通過することで、スイッチとして動作させる、というものがある。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記発明ではエアブリッジを駆動力で可動させる場合、より大きな信号のアイソレーションを実現しようとするれば、電極とエアブリッジの間隔を大きくする必要があるが、静電力は距離の $-2$ 乗に比例するため、静電力が小さくなり、応答時間が所望の値を達成することはできない。また静電力の減少を補うために印加電圧を増加させる方法もあるが、低消費電力化、低駆動電圧化が要求される無線通信デバイスにとって、到底受け入れることができない使用条件になるという課題を有していた。

## 【0005】

## 【課題を解決するための手段】

本発明のスイッチは、互いに僅かに離れた間隔で配置された第 1、第 2、第 3 の梁と、前記梁に静電力を印加させるために独立に直流電位を与えるための電圧印加手段と、各梁に交流信号を入出力するための各梁に設けた電極とで構成され、静電力によって各梁の位置を変化させ、梁間の容量を変化させることを特徴とする。



## 【0006】

この構成によれば、第1、第2の2つの梁間に静電力を発生させ、第1、第2の梁の両方とも可動させることで、より高速に梁が電氣的に結合することができ、かつ高速にオフさせるために、第2の梁に対面して配置してある第3の梁に静電力を発生させ、第1および第2の梁に予め近づけておくことで、第2と第3の梁間に強い静電力を印加できるため、より高速に応答することができる。

## 【0007】

## 【発明の実施の形態】

本発明の骨子は、静電力によって3本の梁の相対位置を変化させ、梁間の容量を変化させることで、電氣的に結合または遮蔽するスイッチにおいて、各梁を全て可動にすることで、高速にスイッチングまたは低直流電位での制御が可能な構成を実現することである。

## 【0008】

以下、本発明の実施の形態について、図1から図7を用いて説明する。

## 【0009】

## (実施の形態1)

図1から図3を参照しながら本発明の実施形態1について説明する。図1に本発明の概略構成図を示す。1は第1の梁、2は第2の梁、3は第3の梁をそれぞれ示す。各梁は電氣的信号を損失なく伝達する形状、材質で形成されており、表面には数10nm程度の絶縁膜が設けられている。各梁は、例えばアルミニウムや銀、銅、合金からなり、形状は例えば厚み $2\mu\text{m}$ 、幅 $2\mu\text{m}$ 、長さ $200\mu\text{m}$ の両側を固定された両持ち梁構造であり、各梁は $0.6\mu\text{m}$ の間隔で平行に配置されている。ただし梁は両持ち梁構造である必要はなく、片持ち梁でもよい。また各梁の内部応力を可能な限り小さくできる構成、プロセスを採る。

各梁は静電力により水平方向に可動する構造となっているが、垂直方向に可動する構造でもよい。また、駆動力に静電力を用いているが、例えば電磁力、圧電、熱などを用いてもよい。各梁はそれぞれ電極4～9とそれぞれ接続されている。

## 【0010】

いま説明を行うために、例えば、電極5を入力端子、電極7を出力端子とし、



出力端子をアンテナ端へ、電極 9 を  $50\ \Omega$  終端する。ブロック図を図 2 に示す。この構成をとることにより、OFF 時のアンテナ端と入力端間のアイソレーションを大きくとることができるが、電極 9 を終端しないで、端子に接続し、2 入力 1 出力のスイッチを実現することもできる。

## 【0 0 1 1】

スイッチング動作について、図 3 を用いながら説明する。まず入力端子からアンテナ端子に信号を結合させるためには、電極 4 に接続された制御電圧 10 の直流電位を High に、端子 5 に接続された直流電位を 11、および電極 6 に接続された直流電位 12 をそれぞれ Low にする。梁 1 と梁 2 間に静電力が発生するため、図 3 の（状態 2）のように、梁 1 と梁 2 は互いに引き付けあい接触する。このとき梁 1 と梁 2 は同じ形状にしておき、バネ定数および質量も同じにしておくと、梁 1 と梁 2 は中間地点で接触する。梁のどちらか一方を固定電極にする場合と比べて、同じ静電力で梁間の距離の変位量が 2 倍変化するため、より高速での応答が可能となり、また同じ応答時間ならより低電圧での制御が可能となる。各梁の表面に設けられた絶縁膜を介して、入力端子から入力された交流信号は、容量的に結合して、梁 2 から梁 1 へ伝達され、出力端子へ信号が出力される。

## 【0 0 1 2】

たとえば前記条件であれば、電極 4 の直流電位を  $7.25\text{V}$  にすれば、応答時間が  $5\ \mu\text{S}$  以下を達成できるが、片側しか可動させない場合は、応答時間が  $7.4\ \mu\text{S}$  になり、およそ 1.5 倍も応答時間が長くなる。逆に応答時間  $5\ \mu\text{S}$  を達成するためには、印加電圧を  $10.3\text{V}$  にしなければならない。

## 【0 0 1 3】

さらに梁 3 の電極 6 に接続された直流電位 12 を High にすると、梁 3 と梁 2 間に静電力が発生し、図 3 の（状態 3）のように梁 3 が梁 2 の方向に移動する。このとき、梁 1、2 も同様に梁 3 方向に移動するが、梁が 2 本結合しているため、等価的なバネ定数が大きくなるため、移動量は梁 3 に比べて小さい。ただし電極 6 に印加する直流電位 12 は梁 3 がプルインしない電圧以下にする。前記条件であれば、プルイン電圧は  $6.7\text{V}$  程度となるため、それ以下の電圧を印加すると、梁 3 の最大変位量は、およそ  $0.15\ \mu\text{m}$  となり、梁 2、3 間の最大ギャップは  $0.75\ \mu\text{m}$



となる。静電力は距離の2乗に反比例するため、梁3が可動しない場合よりも、梁3と梁2間に発生する静電力は1.4倍も大きくなる。

## 【0014】

また図3の（状態2）の状態から電極6に直流電位12を印加するのではなく、電極4と電極5の直流電位を瞬時に反転させてもよい。そうすれば電極12に新たに直流電位を印加させることなく梁3と梁2間に静電力を発生させることができる。このとき梁2と梁3のギャップが大きいいため、プルインすることはない。

## 【0015】

また高いアイソレーションが要求される状況では、梁3を可動させず、梁2、3間のギャップを大きくしたままの状態を保つことで、梁2と梁3の電氣的結合を小さくすることができる。

## 【0016】

次に入力信号をアンテナ端から電極9に切り替える動作について説明する。図3の（状態4）のように、電極4に印加されている直流電位10をHighからLowにすると、梁1、2間には静電力が生じないため、梁1および梁2は、自身のバネ力で、もとの位置に復元する。さらに図3の（状態5）のように梁2は梁2、3間に生じている静電力によって、梁2はより強く高速に、梁3方向に移動し、梁3と接触する。もし梁3を予め梁2方向に撓ませておかなければ、最大ギャップが $0.9\mu\text{m}$ となるため、より高い電圧を印加しなければ所望の応答時間を得ることができない。

## 【0017】

さらに図3の（状態3）の場合と同様に、電極4に直流電位10を印加し、梁1と梁2間に静電力を印加させれば、梁1は梁2方向に撓み、最大ギャップを小さくすることができる。

## 【0018】

スイッチを形成する場合の工程の一例を図4の工程断面図を用いて説明する。高抵抗シリコン基板81を熱酸化することで、基板81上に300nm程度の膜厚のシリコン酸化膜82を形成する。次に、シリコン窒化膜83を減圧CVD法を



用いて 2 0 0 n m の膜厚で堆積する。さらにシリコン酸化膜 8 4 を 5 0 n m の膜厚で減圧 C V D 法を用いて堆積する。図 4 - a ) 参照。

【 0 0 1 9 】

しかる後、シリコン酸化膜 8 4 にフォトレジストからなる犠牲層を膜厚 2  $\mu$  m でスピコート、露光、現像したのち、ホットプレートで 1 4 0  $^{\circ}$  C 1 0 分のベークを行うことで犠牲層 8 5 を形成する。図 4 - b ) 参照。

【 0 0 2 0 】

しかる後、図 4 - c ) に示すごとく、基板全面に A L 8 6 をスパッタにより 2  $\mu$  m の膜厚で堆積し、所定の領域にレジストが残るようにフォトレジストによるパターン 8 7 の形成を行う。

【 0 0 2 1 】

次に、前記フォトレジストからなるパターンをマスクとして A L のドライエッチングを行うことで、梁 8 8 を形成し、さらに酸素プラズマによりフォトレジストからなるパターン 8 7 ならびに犠牲層 8 5 を除去する。前記工程により、基板表面と間隙 8 9 を有する梁 8 8 が形成される。図 4 - d ) 参照。

【 0 0 2 2 】

さらに、図 4 - e ) に示すごとく全面にプラズマ C V D によりシリコン窒化膜 9 0 を膜厚 5 0 n m で堆積することで、基板表面のシリコン酸化膜 8 4 上ならびに梁 9 0 の周辺にシリコン窒化膜が形成される。

【 0 0 2 3 】

最後にシリコン窒化膜 8 3 を異方性を有するドライエッチング法にて前記堆積膜厚以上の膜厚例えば 1 0 0 n m でシリコン酸化膜 8 4 と選択比を有する条件でエッチバックすることで、梁 9 1 の上面はシリコン窒化膜がなく側面にのみ窒化膜が残るようにエッチングをおこなう。図 4 - f ) 参照。

【 0 0 2 4 】

なお本実施の形態では基板に関して、高抵抗シリコン基板を用いたが、通常のシリコン基板、化合物半導体基板、絶縁材料基板を用いても良い。

【 0 0 2 5 】

また、高抵抗シリコン基板 8 1 上に絶縁膜としてシリコン酸化膜 8 2 、シリコン



窒化膜83、シリコン酸化膜84を形成したが、基板の抵抗が十分高い場合これら絶縁性膜の形成を省略しても良い。また、シリコン基板上にシリコン酸化膜82、シリコン窒化膜83、シリコン酸化膜84と3層構造の絶縁膜としたが、前記シリコン窒化膜83の膜厚が、梁上に堆積するシリコン窒化膜と比較して十分厚い膜厚、いわゆるエッチバック工程を経ても消失しない膜厚である場合、シリコン酸化膜84形成工程は省略することが可能である。

## 【 0 0 2 6 】

なお、本実施の形態では梁を形成する材料としてALを用いたが、他の金属材料Mo、Ti、Au、Cu、ならびに高濃度に不純物導入された半導体材料例えばアモルファスシリコン、導電性を有する高分子材料などを用いても良い。さらに成膜方法としてスパッタを用いたがCVD法、メッキ法などを用いて形成しても良い。

## 【 0 0 2 7 】

## (実施の形態2)

図5を参照しながら、第2の実施の形態について説明する。基本的には第1の実施の形態と同様な構成をとっているが、第2の梁32は第1の梁31、第3の梁33と比べて厚さが薄く、例えば、第1の梁31と第2の梁32が接触した際にも、第1、第2の梁間に作用する静電力34の他にも、第3の梁33にも静電力35が作用するような構造となっている。このような構造をとれば、第1の実施の形態のように、第1の梁31と第2の梁32が接触したあとに、電極11に新たに直流電位を印加しなくても、第3の梁33が第2の梁32の方向に移動することになる。

## 【 0 0 2 8 】

またその際、少しでも第1の梁31を第3の梁33方向に近づけるため、第2の梁32のバネ定数を大きくし、第1と第2の梁が中間地点ではなく、より第2の梁側で接触する構造をとってもよい。

## 【 0 0 2 9 】

## (実施の形態3)

図6を参照しながら本発明の実施形態4について説明する。実施の形態1のス



スイッチをアンテナ端子と対象に複数配置することで、1入力多出力スイッチを実現することができる。

#### 【0030】

##### (実施の形態4)

図7を参照しながら本発明の実施形態4について説明する。図7は本発明の実施形態3の概略構成を示したものである。実施の形態1で用いたスイッチをアレイ化したものである。実施の形態1のスイッチにおいて、早い応答時間が要求される場合は、可動する梁の質量が小さいことが必要となる。しかし、容量的に結合する本スイッチでは、梁の質量を小さくすれば、容量結合する断面積も小さくなるため、結合度が小さくなり、通過損失が大きくなる。このため応答時間と通過損失の2つの相反する特性を両立するために、個々の梁を微小にして、応答時間を小さくし、その梁をアレイ化することで、スイッチ全体の結合度大きくすることで、応答時間と通過損失の2つの特性を満たしている。例えば個々の梁の形状を幅 $2.5\mu\text{m}$ 、厚み $2.5\mu\text{m}$ 、長さ $380\mu\text{m}$ とした場合、交流信号の周波数が5GHzの場合、スイッチを5組並列に配置すれば、良好な通過特性が得られる。

#### 【0031】

当然、本発明は容量結合であるため、周波数特性を有する。図2の等価回路で示した直列側のスイッチの容量を $C1$ 、対接地の容量を $C2$ とすると、インピーダンス $Z$ は式1で表される。 $C1$ と $C2$ は基本的に同じスイッチを用いており、 $C1$ と $C2$ の関係は式2で表され、 $\alpha$ は容量の変化比を示す。

#### 【0032】

この $\alpha$ は、梁間のギャップと絶縁体膜の比そのものである。 $\alpha$ を大きく採れば、駆動電圧が大きくなり、応答時間も大きくなるため、あまり大きくすることができない。例えば絶縁体膜を10nm、ギャップを $0.6\mu\text{m}$ とすると、 $\alpha$ は60となる。

#### 【0033】

アイソレーションを確保するために、インピーダンスが最大となる条件は、式3で示され、 $C1$ は以下の様に示される。 $\alpha$ を60とし、適用周波数を5GHzとすると、 $C1$ は4.2pFとなる。これを梁の形状に置きなおすと、厚み $2.5\mu\text{m}$ 、幅2.5



$\mu\text{m}$ 、長さ $380\mu\text{m}$ の梁を5組を選択して、用いればよい。

【0034】

また周波数が $1\text{GHz}$ の信号を扱う際には、周波数が $1/5$ になるので適用する梁の数を5倍の25組にすれば、 $5\text{GHz}$ と同等な特性が得られ周波数特性を有さないスイッチを実現することができる。

【0035】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、3つの梁を全て可動とすることで、応答時間の短縮、印加電圧の低電圧化が実現できるという効果を有する。さらに適用周波数に応じて、最適なインピーダンスになるように使用する梁の数を適応的に選択すれば、周波数特性のないスイッチを実現できるという有利な効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1によるスイッチの概略構成図

【図2】

本発明の実施の形態1による等価回路およびブロック図

【図3】

本発明の実施の形態1によるスイッチ動作を示す図

【図4】

(a) 本発明実施の形態1におけるスイッチを形成する際のシリコン窒化膜の堆積方法を説明するための工程断面図

(b) 上記実施の形態1におけるスイッチを形成する際の犠牲層の形成方法を説明するための工程断面図

(c) 上記実施の形態1におけるスイッチを形成する際のパターン形成方法を説明するための工程断面図

(d) 上記実施の形態1におけるスイッチを形成する際の梁の形成方法を説明するための工程断面図

(e) 上記実施の形態1におけるスイッチを形成する際のシリコン窒化膜の形成方法を説明するための工程断面図



(f) 上記実施の形態 1 におけるスイッチを形成する際のエッチングを説明するための工程断面図

【図 5】

本発明の実施の形態 2 によるスイッチの概略構成図

【図 6】

本発明の実施の形態 3 によるスイッチの概略構成図

【図 7】

本発明の実施の形態 4 によるスイッチの概略構成図

【図 8】

従来の構成を示す図

【符号の説明】

1、2、3 梁

4、5、6、7、8、9 電極

10、11、12 制御電圧

31 第1の梁

32 第2の梁

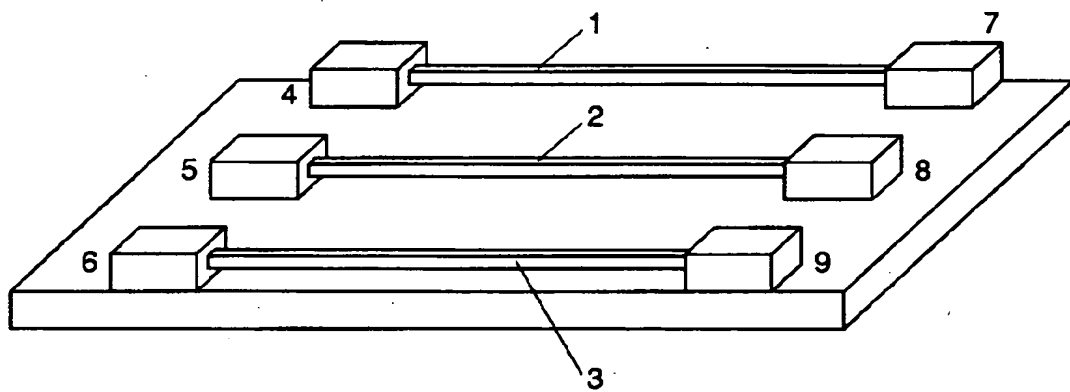
33 第3の梁

34、35 静電力



【書類名】 図面

【図 1】

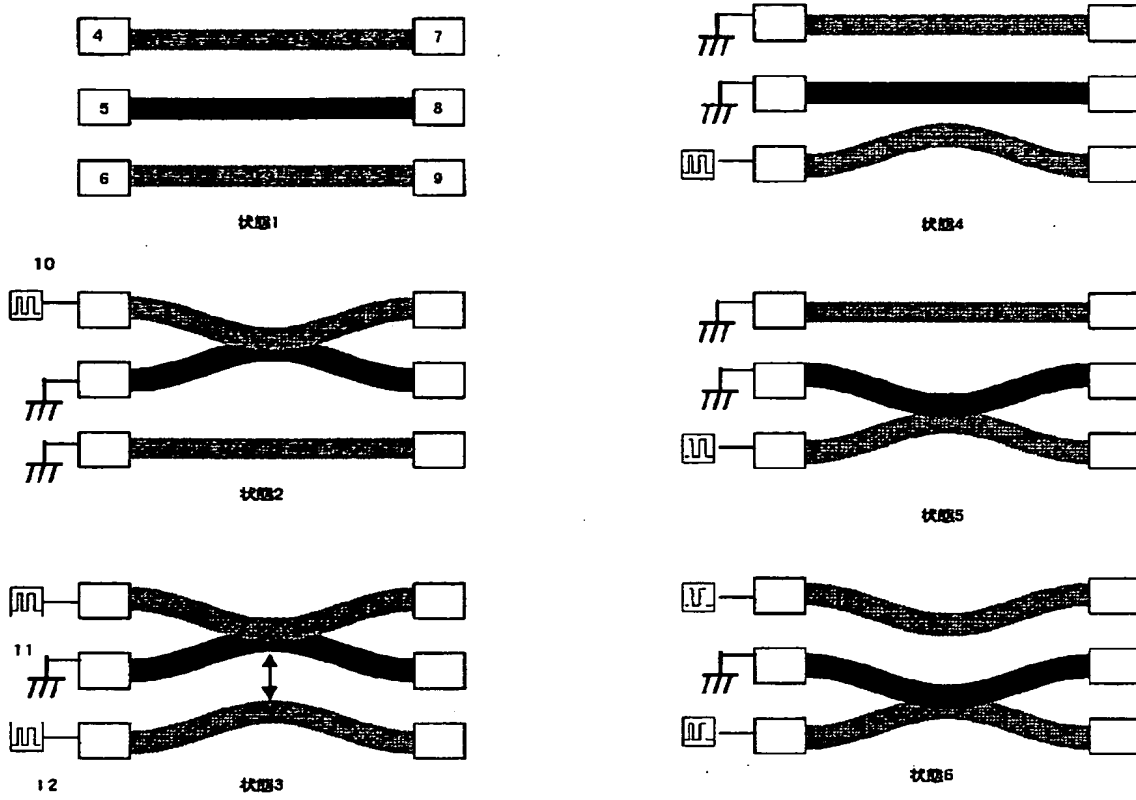


【図 2】



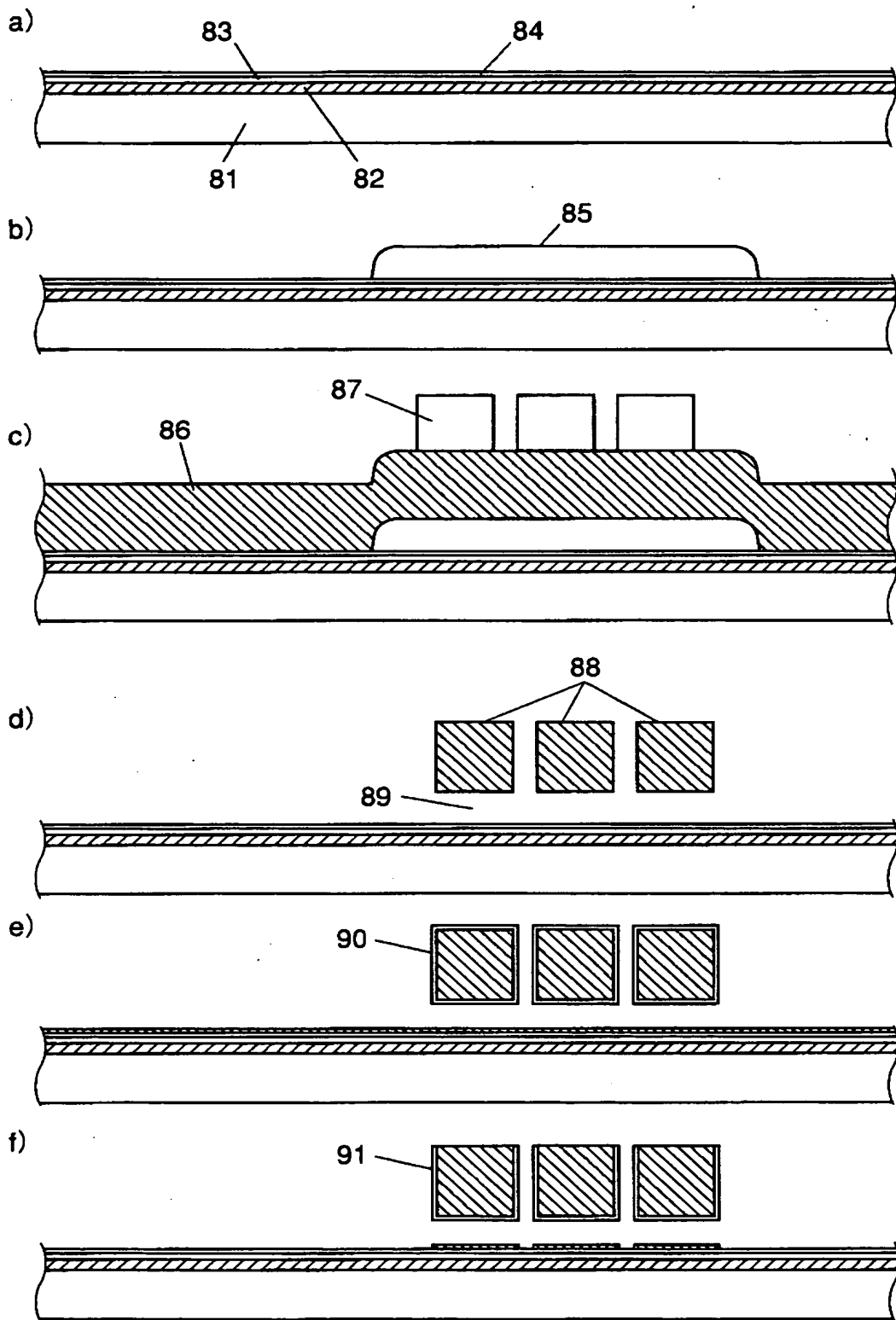


【図 3】



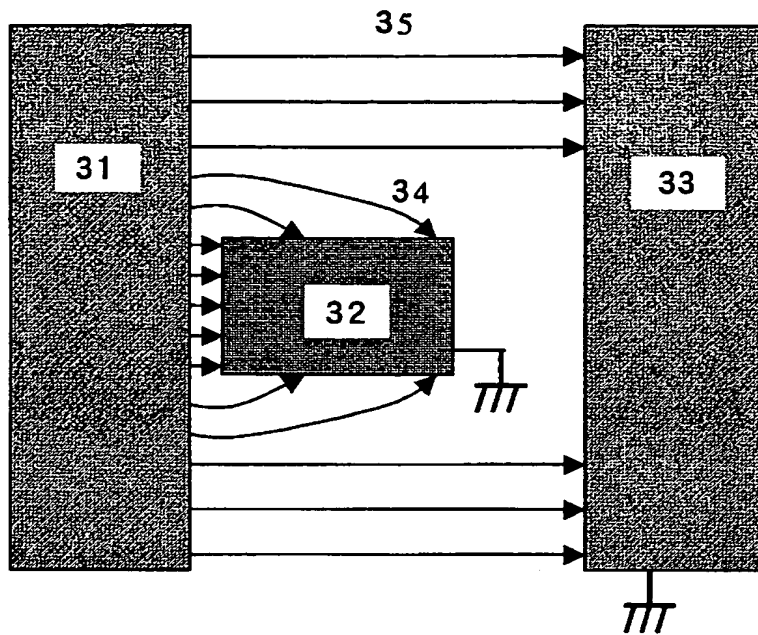


【図 4】

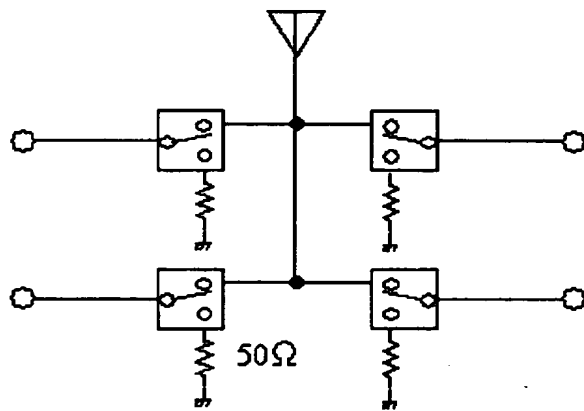




【図 5】

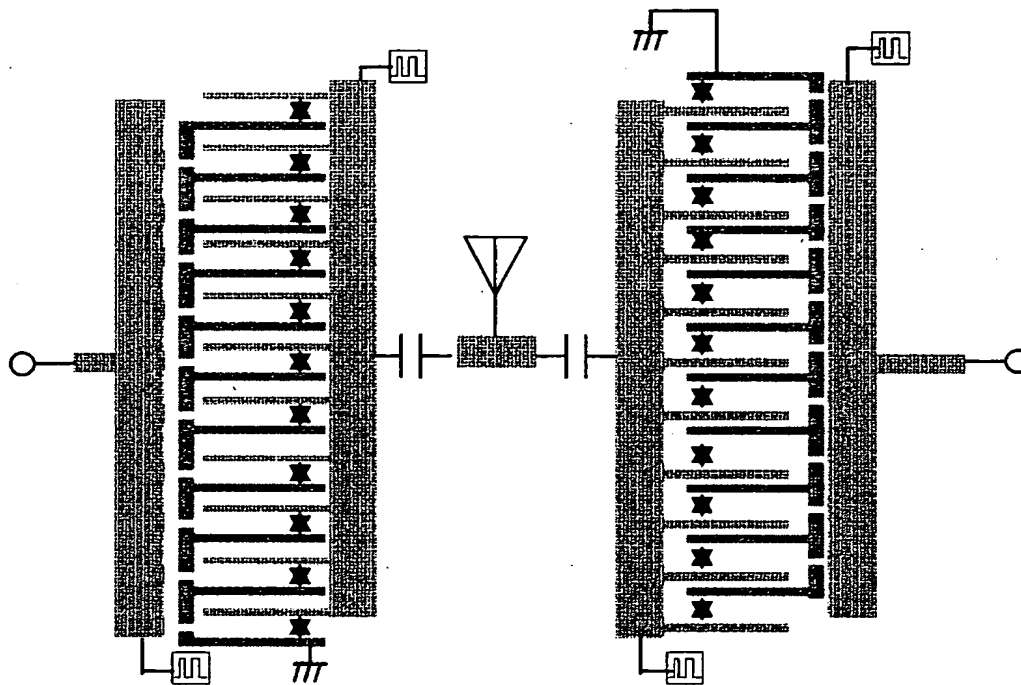


【図 6】

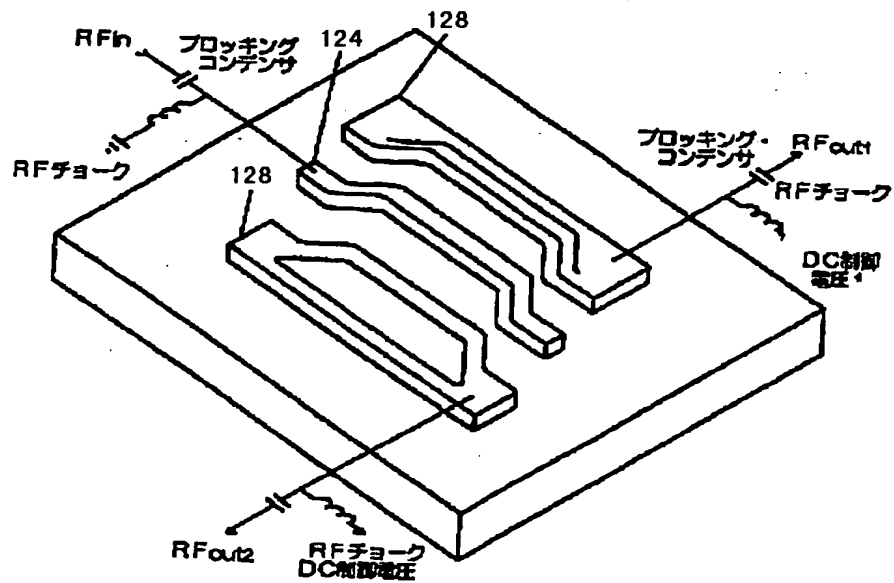




【図 7】



【図 8】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 静電力で駆動する微小な機械スイッチは、高い印加電圧が必要となる課題がある。

【解決手段】 スイッチを構成する全ての電極を静電力によって可動とし、電極 1 個当たりの変位量を小さくすることで、高速な応答および低電圧化を実現することが可能となる。

【選択図】 図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社